

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3808285 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 38 08 285.3  
㉑ Anmeldetag: 12. 3. 88  
㉒ Offenlegungstag: 21. 9. 89

㉓ Int. Cl. 4:  
**C23C 4/06**

C 23 C 4/10  
B 23 K 26/00  
E 21 C 35/18  
// C04B 35/46,35/56,  
35/58,F02F 5/00,  
1/00,F01L 3/02,  
F16J 9/26,10/04

DE 3808285 A1

- ㉔ Anmelder:  
Messer Griesheim GmbH, 6000 Frankfurt, DE
- ㉕ Erfinder:  
Bergmann, Hans Wilhelm, Prof. Dr., 8501 Eckental,  
DE
- ㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:
- |    |              |
|----|--------------|
| DE | 34 47 784 A1 |
| DE | 28 48 997 A1 |
| GB | 15 83 835    |
| GB | 15 74 984    |
| GB | 14 57 835    |
| US | 42 77 106    |
| US | 41 57 923    |
| EP | 2 46 828 A1  |
| EP | 1 99 084 A1  |
| Ep | 01 73 654 A1 |
- DE-Z: VDI-Z. 1987, Nr.6, S.50-54;  
US-Z: Welding and Metal Fabr., 1983, S.453-457;

US-Z: Metal Progress 108, 1975, No.3, S.67-74;  
US-Z: SPIE Laser Appl. in Materials Process.,  
Vol.198, 1979, S.57-59, 61-64;  
US-Buch: Applications of Lasers in Materials  
Processing ASM, 1979, S.177-211;

㉗ Verfahren zur Herstellung harter und verschleißfester Oberflächenschichten

Verfahren zur Herstellung harter und verschleißfester  
Oberflächenschichten.

Eutektische Eisen-Titan-Legierungen wurden im Lichtbo-  
genofen erschmolzen und anschließend zu Pulvern einer  
spritzfähigen Körnung von 45-93  $\mu\text{m}$  gemahlen. Mit diesem  
Pulver wurden Gußeisen und Stahlsubstrate durch Nieder-  
druckplasmaspritzen beschichtet. Während eines anschlie-  
ßenden Umschmelzens mit einem  $\text{CO}_2$ -Laser kam es im  
Schmelzbad, auf das zusätzlich ein Reaktionsgas ( $\text{N}_2$ ) gebla-  
sen wurde, zur Bildung der Hartstoffe TiN und TiC. Durch  
diese Hartstoffe konnte in einer Oberflächenschicht von 0,5-  
0,8 mm Dicke eine Oberflächenhärte von 1000-1100 HV er-  
reicht werden. Anwendungen und Übertragbarkeit derarti-  
ger preisgünstiger Hartstoffbeschichtungen werden disku-  
tiert.

DE 3808285 A1

## Beschreibung

CO<sub>2</sub>-Hochleistungslaser haben sich heute in den Bereichen Schneiden und Schweißen durchgesetzt, und auch im Bereich der Oberflächentechnik wachsen die erfolgreichen Anwendungsfälle. Dabei kann man unterscheiden zwischen den Fällen, wo der Laser aufgrund seiner Flexibilität und geringen Wartungsaufgaben Vorteile gegenüber klassischen Techniken bietet und solchen, die nur mit einem Laser als Wärmequelle ausgeführt werden können. Zu den letzteren zählt das Umschmelzgaslegieren, da einerseits eine hohe Leistungsdichte zum Aufschmelzen der Oberfläche benötigt wird, andererseits vollkommene Freiheit bis der Wahl der Atmosphäre erforderlich ist.

Das Umschmelzgaslegieren konnte erfolgreich bei Titanwerkstoffen angewendet werden, auch läßt sich zeigen, daß man dieses Verfahren auf andere metallurgische Systeme übertragen kann. Bei Eisenwerkstoffen ist jedoch für eine technische Ausnutzung die Geschwindigkeit, mit der z. B. eine wirkungsvolle Aufkohlung erreicht werden kann, zu gering. Die vorliegende Erfindung zeigt, wie man durch Laserumschmelzen der Oberfläche von Eisenwerkstoffen eine Schmelzbadreaktion einleiten kann, die zu einer Hartstoffbeschichtung der Bauteiloberfläche führt.

## Prinzip des Verfahrens

Bei Hartstoffbeschichtungen stellt man einen Verbundwerkstoff her, der aus einem preisgünstigen, leichtverarbeitbaren Grundwerkstoff besteht und der an seiner Oberfläche mit einer heterogenen Legierung durch thermische Spritztechniken, wie Flamm-, Plasma-, oder Laserspritzen beschichtet wird. Der Spritzwerkstoff selbst besteht aus einem Hartstoffanteil, z. B. einem Karbid oder Nitrid, mit einer allgemeinen hohen Schmelztemperatur und Härte, sowie aus einer niedrigschmelzenden, weicheren Bindematrix, die nach Möglichkeit noch einigermaßen oxydationsbeständig sein sollte. Für eine Reihe von Anwendungsfällen kann eine reine Spritzschicht bereits ausreichend sein, in vielen Fällen ist aber eine Verdichtung der Spritzschicht und eine innige schmelzflüssige Verbindung zwischen Spritzschicht und Grundwerkstoff erforderlich. Für die Auswahl des Hartstoffes ist die Härte und Zähigkeit sowie die Schmelztemperatur, die Kosten des Hartstoffes und die Verträglichkeit des Hartstoffes mit dem Bindemetall und dem Grundwerkstoff entscheidend. Die Härte einer Verbundschicht läßt sich als Funktion des Hartstoffanteils, wie in Bild 1 schematisch dargestellt, beschreiben. Dabei wächst die Härte mit zunehmendem Volumenteil des Hartstoffes im allgemeinen nicht linear, wie man es bei Annahme einer einfachen Mischungsregel erwarten würde. Die Härtezunahme fällt in der Regel geringer aus, da der Einfluß der weicheren Bindematrix auch dann noch Gesamtverhalten stärker beeinflußt, wenn ihr Anteil deutlich unter 50% sinkt. In Tabelle 1 sind eine Auswahl verschiedener Hartstoffe aufgelistet, zusammen mit ihrem Preis pro Kilo, ihrer Schmelztemperatur, ihrer Härte und Dichte. Man kann daraus entnehmen, daß zur Erreichung eines bestimmten Volumenanteils von z. B. 50% je nach Dichte des Hartstoffes sehr unterschiedliche Mengen in Gewichtsprozent erforderlich sind. Beim Einschmelzen der Schicht in den Grundwerkstoff möchte man eine schmelzflüssige Verbindung erreichen, um so die optimale Haftfestigkeit zu erreichen, andererseits soll aber beim Aufschmelzen möglichst eine zu große Verdünnung des Hartstoffes vermieden werden, da eine solche Aufmischung die Wirkung der harten Phase herabsetzt. In einigen Fällen kann dies besonders kritisch sein, z. B. wenn der Hartstoff vom Grundwerkstoff gelöst wird und sich bei der Wiedererstarrung z. B. ein Mischkarbid verminderter Härte ausscheidet. Die Wärmeeinbringung von der Oberfläche her und ein höherer Schmelzpunkt der Beschichtung erschweren jedoch die Einstellung einer definierten Einschmelztiefe und fördern die Neigung zur Bildung heterogener Elementverteilung in den Schichten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Herstellung harter und verschleißfester Oberflächenschichten eine Aufmischung zwischen Grund- und Zusatzwerkstoff (Hartstoff) zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Mit einem Laser wird nun eine Reaktionsgas angeblasen (z. B. N<sub>2</sub>), das mit dem Titan der Legierung einen hochschmelzenden Hartstoff (z. B. TiN) bildet. Zusätzlich kann das Titan mit dem Grundwerkstoff vorhandenen Kohlenstoff den Hartstoff Titankarbid bilden. Vorteilhaft ist der niedrige Schmelzpunkt der eutektischen Legierung, der mit 1085°C dem Schmelzpunkt von Gußeisenwerkstoffen vergleichbar ist und deutlich unter dem gebräuchlicher Strahle liegt. Durch die Reaktion des Hartstoffs zu Titankarbid oder Titanitrid reichert sich die verbleibende Matrix an Eisen an, und der Schmelzpunkt steigt bei vollständiger Reaktion bis auf den Wert der kohlenstofffreien Eisenlegierung. Bei einfachen Kohlenstoffstählen also auf über 1500°C. Damit hat man ein Beschichtungsverfahren gewonnen, das es einem erlaubt, hohe Hartstoffanteile in einer hochschmelzenden Matrix zu erreichen, bei gleichzeitig schmelzflüssiger Verbindung zwischen Schicht und Grundwerkstoff und minimalem Aufmischungsgrad. In Bild 2 ist das Prinzip des Verfahrens schematisch dargestellt.

## Experimentelles

Die experimentellen Schritte des Verfahrens sind in Bild 3 zusammengefaßt. Aus den technischen reinen Komponenten, beim Titan RT 12 und beim Eisen, Elektrolyseisen, wurde im Lichtbogenofen eine eutektische Legierung erschmolzen und durch zwei weitere Umschmelzvorgänge die entstandenen Schmelzköpfe in ihrer Zusammensetzung homogenisiert. Die eutektische Legierung ist spröde und kann durch Brechen und Mahlen sowie durch anschließendes Sieben mit einem Aufbringen von 50% auf eine spritzfähige Korngröße von 45–93 µm gebracht werden. Geschliffene Platten aus Gußeisen mit perlitischer sowie mit perlitisch/ferritischer Matrix und Stahlplatten aus St 37 wurden an der Oberfläche sandgestrahlt, gereinigt und anschließend durch Niederdruckplasmaspritzen beschichtet. Die Spritzparameter sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Mit vergleichs-

weise geringen Spritzverlusten von 30% wurden Beschichtungen von 140–200 µm durchgeführt und anschließend Umschmelzversuche mit einem CO<sub>2</sub>-Laser vorgenommen. Die dabei verwendeten Parameter sind in Tabelle 3 aufgeführt. Der Erfolg der Beschichtung wurde metallographisch und durch Härtemessung überprüft. Die entstandenen Phasen ließen sich röntgenographisch charakterisieren. Durch Reißprüfung wurde festgestellt, bei welchen Betriebsparametern sich rißfreie Schichten erzeugen lassen. Schlagversuche dienten zur Charakterisierung der Haftfestigkeit.

### Ergebnisse

In Bild 4 ist eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des hergestellten Spritzpulvers zu sehen. Man erkennt ein typisches, gebrochenes Pulver, wie man es durch Mahlen einer spröden Legierung erhält. Nach dem Niederdruckplasmaspritzen ist eine dichte, haftende Oberflächenschicht zu beobachten. Bild 5 zeigt ein Beispiel für ein Gußeisensubstrat mit perlitischer Matrix. Das Haftvermögen war in allen Fällen so gut, daß eine Handhabung der Proben wie ein Umschmelzen mit dem CO<sub>2</sub>-Laser möglich war, die Schicht konnte jedoch mit dem Hammer abgeschlagen werden. Die ermittelte Härte von ca. 700 HV ist für die eutektische Zusammensetzung der Eisen-Titan-Legierungen typisch. Durch Umschmelzen mit dem Laser gelingt es, in der Schmelze eine Reaktion zwischen dem Titan der Spritzschicht und dem Graphit des Grundwerkstoffes einzuleiten. Es bildet sich dann eine Schicht, deren Gefügeabfolge und Härte in Bild 6 zu erkennen ist. In oberflächennahen Bereichen tritt neben Eisen und dem Hartstoff Titankarbid noch die Phase TiFe<sub>2</sub> auf. Da bei der gewählten Einschmelztiefe der Kohlenstoffgehalt des Grundwerkstoffes nicht ausreichte, um die gesamte Titanmenge und Titankarbid zu reagieren. Die erhaltene Härte liegt ähnlich wie die der Spritzschicht. Ein Härtemaximum beobachtet man im Übergangsbereich, wo es in der Nähe von Graphitkugeln zur Bildung von Ledeburit gekommen ist und wo die Grundmatrix zum Teil martensitisch gehärtet wurde. Wählt man eine größere Einschmelztiefe, so kann der gesamte Titananteil umgesetzt werden. Der Hartstoffanteil ist jedoch durch die stärkere Verdünnung geringer. Beim Umschmelzen ergeben sich blanke, glatte und rißfreie Oberflächen. Wird das Schmelzbad durch einen Stickstoffstrahl angeblasen, so kommt es zur Bildung TiN. Die entstehende Rauigkeit und das Auftreten von Rissen hängt stark von der Durchflußmenge und Konzentration des Stickstoffes ab. Bereits bei Gemischen mit Argon und Stickstoff mit einem Stickstoffanteil kann eine deutliche Härtezunahme erreicht werden, wesentlich höhere Stickstoffgehalte erhöhen nur die Rauigkeit in der Oberfläche und fördern die Bildung von Rissen, führen aber nicht zu einer weiteren Härtezunahme. Man erhält qualitativ eine ähnliche Gefügeabfolge wie beim Umschmelzen ohne Stickstoff. Als zweiter Hartstoff tritt nun aber auch TiN auf, und der erhöhte Hartstoffanteil in der umgeschmolzenen Zone führt zu höheren Härtewerten in der Oberfläche. In Bild 7 ist ein typisches Härteprofil wiedergegeben. Umschmelzversuche mit unterschiedlichem Matrixgefüge liefern bei höherem Perlitanteil des Gußeisens größere Einschmelztiefen bei gleichen Laserparametern. Die Oberflächenschichten zeigen eine exzellente Bindung an den Grundstoff und konnten weder durch Hammerschlag noch unter Zuhilfenahme eines Meißels entfernt werden. Für einen Baustahl zeigt Bild 8 den Gefügebau nach der Beschichtung durch Niederdruckplasmaspritzen. In Bild 9 ist das nach dem Laserumschmelzen unter Stickstoffgas entstandene Gefüge wiedergegeben. Man erkennt eine hartstoffhaltige Oberflächenschicht, die Werte zwischen 800 und 1000 HV aufweist, Bild 10. Im Grundwerkstoff ist eine ca. 200 µm starke Wärmeeinflußzone erkennbar. Hierdurch wird der abrupte Übergang der Härte zwischen Oberflächenschicht und Grundwerkstoff gemildert.

Die dargestellten Beispiele zeigen, daß es möglich ist, durch Auswahl eines geeigneten Beschichtungswerkstoffes und durch Einleitung einer Reaktion während des Laserumschmelzens hartstoffhaltige Oberflächenschichten hoher Härte und mit ausgezeichneter Bindung zum Grundwerkstoff herzustellen. Die vorgeschlagene Vorgehensweise läßt sich auch auf andere Legierungssysteme übertragen, speziell auch auf solche, wo Hartstoffbeschichtungen heute schwierig oder unüblich sind. Bei Cu-haltigen Werkstoffen kann z. B. durch Wahl einer peritektischen TiCu-Legierung mit einem Schmelzpunkt von 990° ebenfalls eine Hartstoffbeschichtung durch Schmelzbadreaktion erreicht werden. Für die Titankomponente spricht neben ihrer leichten Reaktionsfähigkeit mit Stickstoff und Methan, die zur Bildung der über 3000° schmelzenden Hartstoff TiC und TiN führen, noch die Tatsache der geringen Löslichkeit des Titans für viele der technisch interessanten Übergangsmetalle, wodurch die Bildung von Mischkarbiden und Mischnitriden erschwert wird. Auch bildet Titan mit den Metallen Eisen, Kupfer, Nickel, Mangan und Chrom ausreichend niedrig schmelzende Legierungen, die so spröde sind, daß man sie zu Pulvern mahlen kann. Die dargelegten Vorgehensweise ist jedoch nicht auf eine Titankomponente beschränkt, auch andere Metalle, die mit einfach handhabbaren Reaktionsgasen harte und hochschmelzende Karbide, Nitride oder Oxyde bilden, wie Aluminium, Zirkon oder Chrom, um nur eine Auswahl zu nennen, sind denkbar.

Der Mehrstufenprozeß, indem zunächst beschichtet und anschließend umgeschmolzen wird, kann durch die Vereinigung in einem Arbeitsprozeß z. B. durch Laserspritzen vorteilhaft vereinfacht werden.

Vorteilhaft für den vorgeschlagenen Prozeß ist die Kostensituation. Mit einem Preis von ca. 16–20/kg DM für das verwendete, nicht notwendigerweise hochreine Titan und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß zur Erreichung des Hartstoffvolumenanteils z. B. im Vergleich zum Wolframkarbid eine 3fach geringere Masse erforderlich ist, ergibt sich die Situation, daß für das vorgeschlagene Verfahren die erforderlichen Kosten geringer sind als das Ausgangspulver bei anderen Beschichtungen. Nicht unterschätzt werden darf auch der Vorteil der niedrigeren Schmelztemperaturen, aus denen eine wesentlich geringere thermische Wärmebelastung des Bauteils folgt, was sich neben einem geringeren Verzug, einer geringeren Reißneigung letztlich in einer einfacheren Handhabung des Gesamtprozesses niederschlägt. Dies könnte zur Folge haben, daß man künftig auch bei solchen Bauteilen erfolgreiche Hartstoffbeschichtungen vornehmen kann, wo dies bisher wegen der geringen Wandstärke des Bauteils nicht möglich war, z. B. bei Kolbenringen in Pkw-Motoren.

## Beispiel 1

Die Oxide, Nitride und Carbide des Titans sind typische Hartstoffe, die zur Verbesserung des Verschleißverhaltens in Beschichtungen eingesetzt werden. Ihre Schmelzpunkte liegen zwischen 2500 und 3000°C. Eisenbasislegierungen (Stähle, Gußeisen) sind wichtige Werkstoffe, die z. B. im Bereich des Maschinen- oder Kraftfahrzeugbaus eingesetzt werden. Eine eutektische Legierung aus Titan und Eisen besitzt einen Schmelzpunkt von ca. 1100°C, der deutlich unter den Schmelzpunkten des Eisens 1550°C und des Titans 1780°C liegt. Die eutektische Legierung der beiden Elemente ist spröde und läßt sich z. B. durch Mahlen in einfacher Weise zu feinen Pulvern verarbeiten. Durch thermisches Spritzen unter Schutzgas oder vakuumähnlichen Niederdruckbedingungen lassen sich aufgemahlene Pulver der eutektischen Fe-Ti-Legierung auf die Oberfläche von Eisengrundwerkstoffen aufbringen, wobei mit den z. B. in Tabelle 2 aufgelisteten Spritzparametern nahezu porenfreie Schichten erzeugt werden können, vergl. Bild 1.

## Beispiel 2

## Variante A

Wählt man als Grundwerkstoff eine Gußeisenlegierung, die grau erstarrt ist oder sphäroidalen Graphit enthält, so kommt es beim Umschmelzen mit einer Energiequelle hoher Leistungsflußdichte (z. B. Plasmabrenner, Elektronenstrahl, Laserstrahl, Hochfrequenzimpulsgenerator) zu einer Reaktion zwischen dem Kohlenstoff des Graphits aus dem Gußeisen und dem Titan der niedrigschmelzenden Eisentitanspritzschicht. Dabei bildet sich der Hartstoff "Titancarbid" TiC. Mögliche Gase, wie z. B. Sauerstoff oder Stickstoff, die im Gußeisen noch vorhanden sein könnten und die beim Umschmelzen von reinem Gußeisen häufig zu Poren führen, reagieren ebenfalls mit dem Titan, zu Titanitrid bzw. Titanoxid, so daß eine Porenbildung nicht auftritt.

## Variante B

Beschichtet man mit der niedrig schmelzenden Eisentitanlegierung einen Strahl und schmilzt die Spritzschicht anschließend mit einer Quelle hoher Leistungsdichte (siehe oben) um, unter gleichzeitiger Aufblasung von Stickstoff oder Methan oder eines Gemisches aus stickstoff- und/oder kohlenstoffhaltigen Gasen, so kommt es in der Schmelze zur Bildung von Titanitrid TiN, Titancarbid TiC oder Titancarbonitrid Ti(N, C). Auf diese Weise kann man auf der Oberfläche des Stahls eine verschleißfeste Hartstoffschicht erzeugen.

## Variante C

Zur Beschichtung von Kupfergrundwerkstoffen kann eine niedrigschmelzende eutektische Titankupferlegierung verwendet werden.

## Variante D

Bei der Beschichtung von Nickelgrundwerkstoffen kann eine niedrigschmelzende eutektische Titannickellegierung verwendet werden.

## Variante E

Bei der Beschichtung von Chromgrundwerkstoffen oder hoch chromhaltigen, nichtrostenden Stählen, kann eine niedrigschmelzende, eutektische Titanchromlegierung verwendet werden.

## Variante F

Beim Beschichten von Aluminium, z. B. Aluminium-Silizium-Legierungen, kann eine niedrigschmelzende eutektische Mangan-Aluminium-Phosphor oder Mangan-Siliziumlegierung verwendet werden. Beim Umschmelzen bilden sich dann harte und hochschmelzende Mangansilizide.

Bei Legierungen, wie z. B. Neusilber, können auch niedrigschmelzende Mehrstoffeutektika mit Titan eingesetzt werden, zum Beispiel Titan-Kupfer-Nickel, Titan-Nickel-Chrom.

# OS 38 08 285

Tabelle 1

Auswahl verschiedener Hartstoffe

Hartstoff	Schmelz- bzw. Zer- setzungstemp. (°C)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Mikrohärte	Preis ca. DM/kg
Diamant	3970	—	8000	—
B <sub>4</sub> C	2720	2,5	3700	—
SiC	2200	3,2	3500	—
WC	2870	15,7	2000	120
TiC	3140	4,9	3200	120
VC	2830	5,8	2800	250
TiN	2950	5,4	2450	210
ZrN	2980	7,4	1900	280
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2050	4,0	1400	15
TiO <sub>2</sub>	1840	4,2	1000	20

Tabelle 2

Parameter beim Niederdruck-Plasmaspritzen

Sputterprozeß	X	—	—	—	X	X
Haftgrund	—	—	X	X	—	—
Kammerdruck (mbar)	150	220	230	250	230	200
Argon (SLPM)	50	50	50	50	50	50
Wasserstoff (SLPM)	7	8	8	8	8	8
Helium (SLMP)	50	50	60	60	60	50
Trärgas (SLPM)	2	2	2	2	2	2
Drehsteller (RPM)	8	8	8	8	8	8
Strom (A)	650	650	650	650	650	650
Spannung (V)	65	67	67	68	67	67
Spritzabstand (mm)	200	200	200	200	250	200

Tabelle 3

Parameter beim Laserumschmelzen

Leistung (kW)	Vorschub (m/min)	Versatz (mm)	Gaszusammensetzung	Probentemperatur (°C)
1000	0,5	0,3	100% Argon	RT
1200	0,25	0,3	100% Argon	RT
1100	0,5	0,4	100% N <sub>2</sub>	RT
1200	0,5	0,4	100% N <sub>2</sub>	360
1200	0,5	0,4	100% Ar	300
1100	0,2—1,0	0,8—1,5	100% Ar	250
1100	0,5—1,0	0,4—1,0	100% N <sub>2</sub>	250
1050	0,5	0,5	100% Ar	300
1050	0,5	0,5	100% N <sub>2</sub>	300
1050	0,5	0,5	80% N <sub>2</sub> /20% Ar	RT
1100	0,5	0,5	100% N <sub>2</sub>	RT
1100	0,5—0,2	0,5	Ar/N <sub>2</sub> 100/0—25/75	300
1100	0,75	0,5	Ar/N <sub>2</sub> 80/20—25/75	400

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen harter und verschleißfester Oberflächenschichten durch Aufbringen und Umschmelzen eines Zusatzmaterials gemeinsam mit Teilen eines Grundwerkstoffes, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzwerkstoff einen niedrigeren Schmelzpunkt als Grundwerkstoff im flüssigen Zustand besitzt und mit Komponenten des Grundwerkstoffes oder mit einem Reaktionsgas zu einer hochschmelzenden harten Verbindung reagiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst ein niedrigschmelzender, z. B. eutektischer Zusatzwerkstoff (Legierung) aus dem Grundwerkstoff und einem Element erstellt wird, der mit dem Grundwerkstoff, oder einem seiner Komponenten, oder mit einem Reaktionsgas, einen Hartstoff bildet, aus diesem Zusatzwerkstoff ein Pulver hergestellt und durch thermisches Spritzen eine Schicht auf dem Grundwerkstoff erzeugt wird und die Spritzschicht gemeinsam mit einem gewünschten Anteil des Grundwerkstoffes umgeschmolzen wird, wobei zusätzlich ein Reaktionsgas auf die Oberfläche des Schmelzbades geblasen werden kann.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff Gußeisen gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titan-Eisenlegierung.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff Stahl gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titan-Eisenlegierung.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff eine Kupferlegierung gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titan-Kupferlegierung.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff eine Nickellegierung gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titan-Nickellegierung.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff eine Chromlegierung oder ein nichtrostender Chromstahl gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titan-Chromlegierung.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff ein Titanwerkstoff gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Titanlegierung.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundwerkstoff eine Aluminiumlegierung gewählt wird und als Beschichtungswerkstoff eine niedrigschmelzende, z. B. eutektische, Mangan-Aluminium, Mangan-Phosphor oder Mangan-Silizium-Legierung.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle von Titan, Zirkon verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß Kolbenringe zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Zylinder zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Laufbuchsen zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Ventile zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Ventilsitze zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß Radreifen zur Verbesserung des Verschleißverhaltens so behandelt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bergbaumaschinen die verschleißbeanspruchten Teile so behandelt werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Quelle hoher Leistungsdichte ein Laser ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktionsgrad durch die Überlappung vorgewählt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzbadtemperatur überwacht und geregelt wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufblasen des Gases unter einem bestimmten Winkel vorgenommen wird.
22. Verfahren zur Herstellung harter und verschleißfester Oberflächenschichten durch Reaktion im flüssigen Zustand, gekennzeichnet durch das Aufschmelzen von Titanwerkstoffen und das Aufblasen eines Reaktionsgases, so daß diese Legierungen zu einem Hartstoff reagieren.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß als Reaktionsgas Stickstoff, Methan und/oder ein Gemisch aus stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Gasen auf die Oberfläche geblasen wird.

- Leerseite -

MG 1641

3808285

Nummer:

38 08 285

Int. Cl.4:

C 23 C 4/06

Anmeldetag:

12. März 1988

Offenlegungstag:

21. September 1989

17

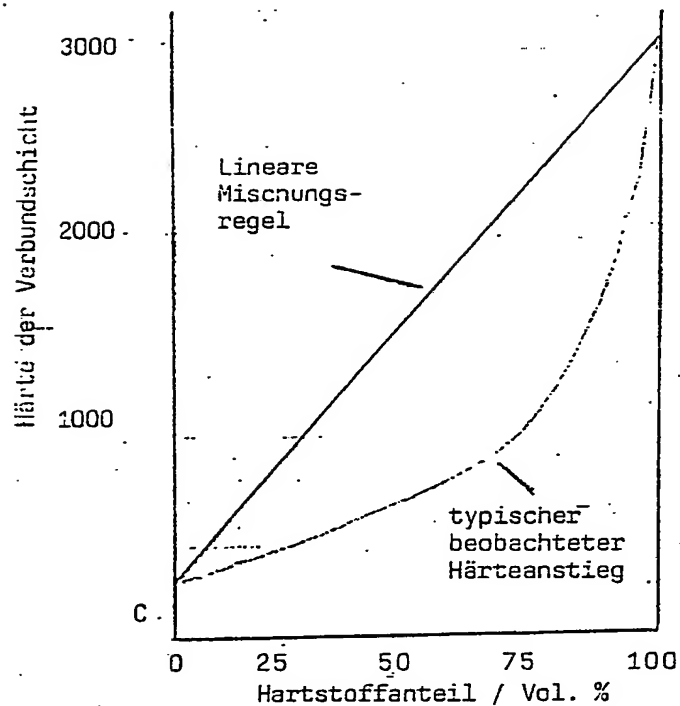


Bild 1 Schematische Darstellung der Härte einer Verbundschicht als Funktion des Volumenanteils der Hartstoffphase.

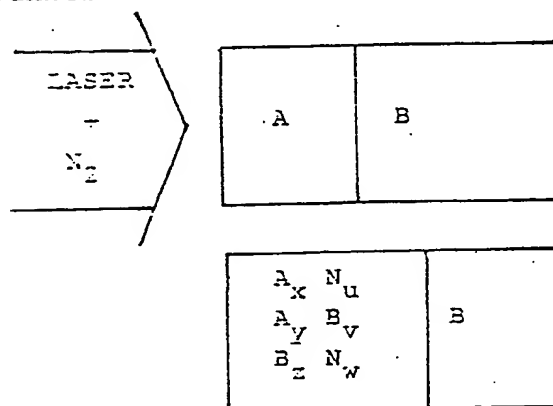


Bild 2 Prinzip der Bildung von hartstoffhaltigen Schichten durch Schmelzbadreaktion.



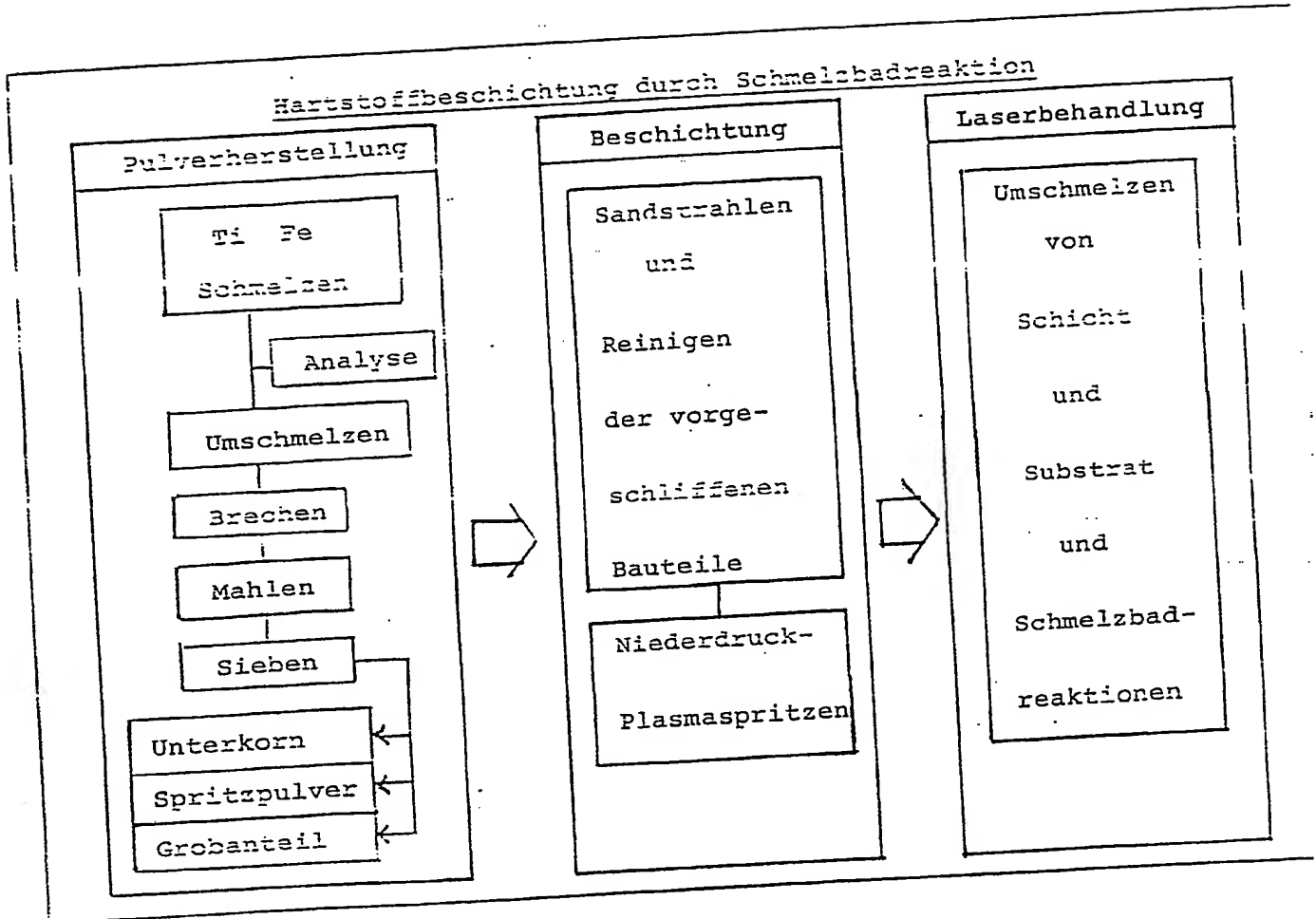


Bild 3 Schematische Darstellung des experimentellen Vorgehens.

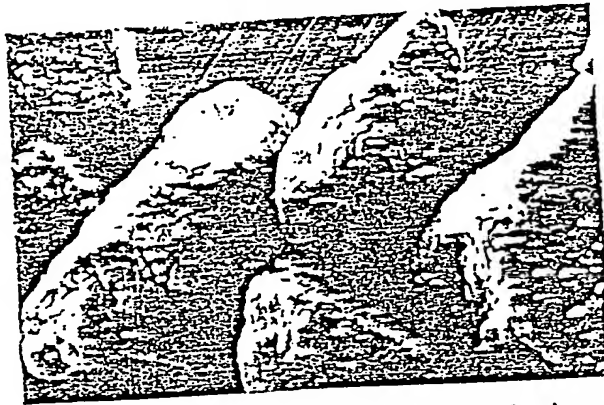


Bild 4 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme gemahlener Pulverpartikel einer eutektischen FeTi-Legierung.

MG 1641



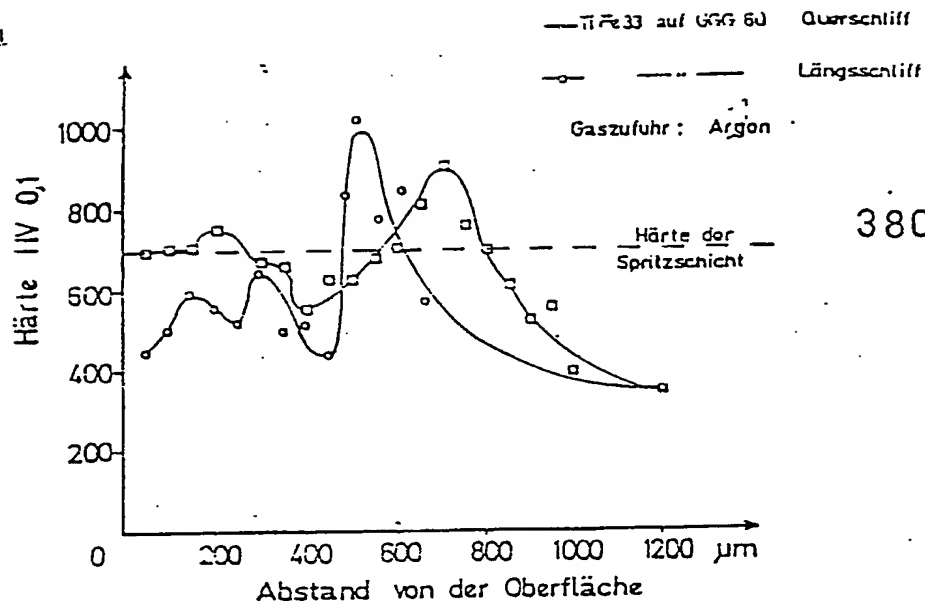
19

3808285

Bild 5 a) Gefügaufnahme der plasmagespritzten eutektischen FeTi-Legierung



MG 1641



3808285

20

Bild 6 a) Gefüge einer beschichteten und anschließend mit dem Laser unter Argon umgeschmolzenen Gußeisenprobe  
 b,c) Ausschnittsvergrößerung des Übergangsbereichs  
 d) zugehöriges Härteprofil,

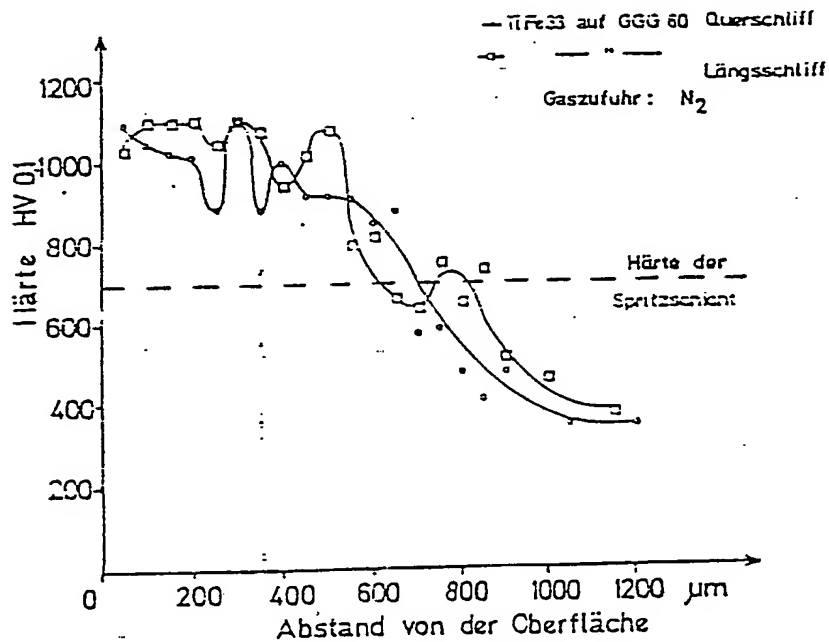


Bild 7 Wie Bild 6d, umgeschmolzen unter Argon + N<sub>2</sub>

MG 1641



3808285

Bild 8 Wie Bild 5, für einen St37 als Substratwerkstoff

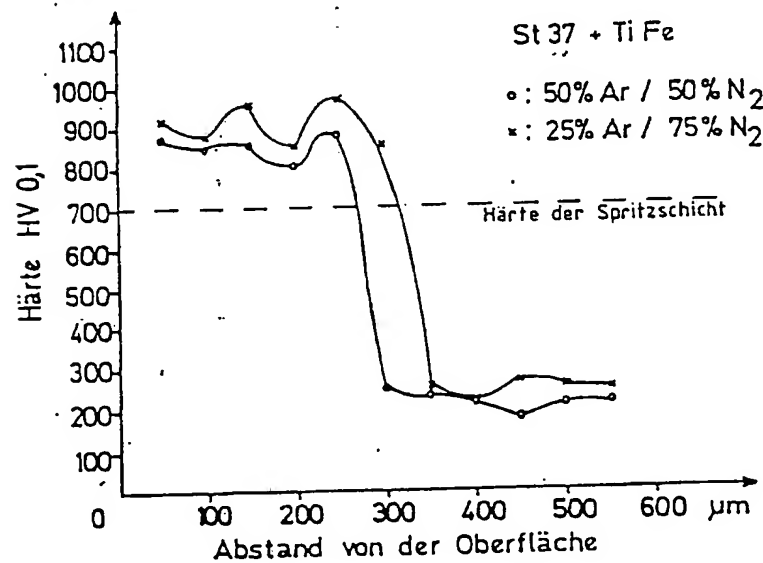
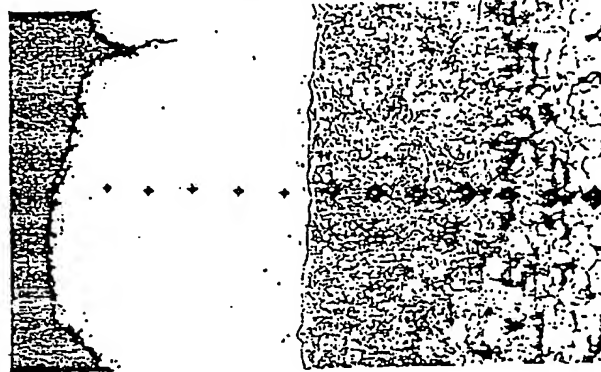


Bild 9 a) Gefüge eines St37 Baustahls, der mit einer eutektischen FeTi-Legierung beschichtet und anschließend unter Argon + N<sub>2</sub> mit einem CO<sub>2</sub>-Laser umgeschmolzen wurde.  
 b) Härteprofil für verschiedene Gaszusammensetzungen